

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: 2000-151507

(43)Date of publication of application: 30.05.2000

(51)Int.Cl.

H04B 10/02  
H04B 10/18  
G02B 6/00  
H01S 3/067  
H01S 3/10  
H04B 10/17  
H04B 10/16

(21)Application number: 10-318106

(22)Date of filing: 09.11.1998

(71)Applicant: NIPPON TELEGR &amp; TELEPH CORP (NTT)

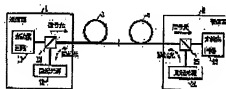
(72)Inventor: KAWAKAMI HIROTO  
MEYAMOTO YUTAKA

## (54) OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To minimize S/N deterioration by optical amplifier and production of non-linear optical effect in the distributed compensation fiber by composing a part of an optical transmission line with a distributed compensation fiber, designing it so that part of the optical transmission line has a distribution gain, and transmitting exciting light for obtaining the distribution gain to the optical transmission line at least from any one of a transmitter, a receiver or a repeater.

**SOLUTION:** A transmitter 1 and a receiver 2 are connected to each other through an optical fiber 3 and a distributed compensation distribution gain fiber 4 which compose an optical transmission line. The transmitter 1 is equipped with an exciting light source 12 for outputting exciting light which forward excites the fiber 4 and an exciting light multiplexer 13 which multiplexes the exciting light and signal light and transmits them to the optical transmission line. The receiver 2 is equipped with an exciting light source 24 which outputs the exciting light for backward exciting the fiber 4 and an exciting light multiplexer 25 for transmitting the exciting light in an opposite direction of the signal light. Thus, the signal light which transmits the optical fiber 3 and the fiber 4 is distributed compensated, amplified and reaches the receiver 2.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 28.11.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-151507

(P2000-151507A)

(43) 公開日 平成12年5月30日 (2000.5.30)

(51) Int.Cl.	識別記号	F I	ページ* (参考)
H 0 4 B	10/02	H 0 4 B 9/00	M 2 H 0 3 8
	10/18	H 0 1 S 3/06	B 5 F 0 7 2
G 0 2 B	6/00		Z 5 K 0 0 2
H 0 1 S	3/067	G 0 2 B 6/00	C
	3/10	H 0 4 B 9/00	J

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-318106

(22) 出願日 平成10年11月9日 (1998.11.9)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 川上 広人

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 宮本 裕

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(74) 代理人 100072718

弁理士 古谷 史旺

最終頁に続く

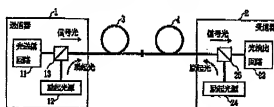
(54) 【発明の名称】 光伝送システム

(57) 【要約】

【課題】 光増幅によるS/N劣化および分散補償ファイバ内での非線形光学効果の発生を最小限に抑え、受信器の内部に長尺のファイバを持ち込むことなく、分散補償ファイバによる損失を補償する。

【解決手段】 光伝送路の一部を分散補償ファイバで構成し、かつ光伝送路の少なくとも一部がラマン利得または分布利得をもつように設計する。ラマン利得または分布利得を得るための励起光は、送信器、受信器、中継器の少なくとも1つから光伝送路に送出する。

本発明の光伝送システムの基本構成



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 信号光を伝送する光伝送路として、伝送用光導波路と、その伝送用光導波路とは逆の分散特性をもつ分散補償光導波路とを接続し、

前記光伝送路に接続される送信器または受信器または中継器の少なくとも一つに、前記信号光の波長帯域において前記光伝送路の一部または全部にラマン利得をもたせる励起光を発生する励起光発生手段と、その励起光を前記光伝送路に入力する手段とを備えたことを特徴とする光伝送システム。

【請求項2】 請求項1に記載の光伝送システムにおいて、前記励起光発生手段は、偏波多重された励起光を出力する構成であることを特徴とする光伝送システム。

【請求項3】 信号光を伝送する光伝送路として、伝送用光導波路と、伝送用光導波路とは逆の分散特性をもつ分散補償光導波路とを接続し、さらに伝送用光導波路および分散補償光導波路の一部または全部に希土類元素を添加した構成とし、

前記光伝送路に接続される送信器または受信器または中継器の少なくとも一つに、前記信号光の波長帯域において前記希土類元素を添加した光導波路に分布利得をもたせる励起光を発生する励起光発生手段と、その励起光を前記光伝送路に入力する手段とを備えたことを特徴とする光伝送システム。

【請求項4】 請求項1, 2, 3のいずれかに記載の光伝送システムにおいて、前記励起光の入力により利得が生ずる光導波路の励起光出力側に、励起光を反射し、信号光を透過する光フィルタを備えたことを特徴とする光伝送システム。

【請求項5】 請求項4に記載の光伝送システムにおいて、

前記光フィルタの励起光の反射率または信号光の透過率の波長依存性を調整し、前記励起光の入力により利得が生ずる光導波路の利得の波長依存性を補償する構成であることを特徴とする光伝送システム。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、群速度分散が長手方向に対して一様ではなく、部分的に利得を持つ光伝送路を用いた光伝送システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 高速・大容量の光信号を伝送する場合には、伝送用光ファイバの群速度分散による光波長の劣化が問題となる。この波長劣化を補償するために、受信器内に伝送用光ファイバとは逆の分散特性を有する分散補償ファイバを設置する方法が有効である。

【0003】 ところで、分散補償ファイバによる損失は一般に無視できない程度に大きい。この損失を補償するためには、受信器内部に光増幅器を設置したり、受信器

内部に備えた励起光源から分散補償ファイバ内に励起光を入力してラマン増幅を行う方法が有効である。

【0004】 図8は、分散補償ファイバの後に光増幅器を設置した従来の光伝送システムの構成例を示す。図において、1は送信器、2は受信器、3は光伝送路を形成する光ファイバ、11は光送信回路、21は分散補償ファイバ、22は光増幅器、23は光検出回路である。

【0005】 受信器2に入力した信号光は、分散補償ファイバ21で分散補償された後に光増幅器22で増幅され、光検出回路23に受信される。図6には併せてパワーダイヤを示すが、光増幅器22への入力パワーは、分散補償ファイバ21の損失のために大きく減少している。

【0006】 図7は、分散補償ファイバの前段に光増幅器を設置した従来の光伝送システムの構成例を示す。図において、1は送信器、2は受信器、3は光伝送路を形成する光ファイバ、11は光送信回路、22は光増幅器、21は分散補償ファイバ、23は光検出回路である。

【0007】 受信器2に入力した信号光は、光増幅器22で増幅され、分散補償ファイバ21で分散補償されて光検出回路23に受信される。図7には併せてパワーダイヤを示すが、分散補償ファイバ21の損失を補償し、かつ光検出回路23でのS/N劣化を招かないように、光増幅器22で分散補償ファイバ21への入力パワーをある程度以上に高くしている (K. Hagimoto et al., O.A.'90, Technical Digest, TuA2, 1990)。

【0008】 図8は、分散補償ファイバでラマン増幅を行う従来の光伝送システムの構成例を示す。図において、1は送信器、2は受信器、3は光伝送路を形成する光ファイバ、11は光送信回路、21は分散補償ファイバ、23は光検出回路、24は励起光源、25は励起光合波器、26はアイソレータである。

【0009】 受信器2に入力した信号光は、分散補償ファイバ21で分散補償されて光検出回路23に受信される。また、励起光は、励起光合波器25を介して分散補償ファイバ21に後方から入力され、アイソレータ26によって遮断される。図8には併せてパワーダイヤを示すが、分散補償ファイバ21における損失とラマン利得が均衡し、光パワーは一定に保たれている (P. B. Hansen et al., Elec. Lett., 34, pp1136-1137, 1998)。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、図6および図7に示すように、受信器2の内部に光増幅器22を設置する構成では、以下に述べる理由で信号品質が劣化する。すなわち、分散補償ファイバ21の後に光増幅器22を配置すると(図6)、光ファイバ3の損失に加えて分散補償ファイバ21による損失により、光増幅器22の出力での主信号光のS/Nが低下し、光検出回路23の受信感度の劣化を招く。

【0011】分散補償ファイバ21の前段に光増幅器22を設置すると(図7)、分散補償ファイバ21のコア径が通常のファイバより細いので、光増幅器22の出力レベルは、分散補償ファイバ21で非線形光学効果が発生しないレベルに制限する必要がある。分散補償ファイバ21の損失を補償できる範囲が限られる。

【0012】一方、分散補償ファイバ21でラマン増幅を行う場合(図8)には、図7に示した構成で問題となる主信号光の非線形光学効果による波形劣化は緩和できる。しかし、光検出回路23の入力における主信号光のS/Nは、光ファイバ伝送路3の損失し決まり、それ以上の改善はできない。また、ある程度のラマン利得を確保するためには、分散補償ファイバ21の長さが数10km程度必要であり、受信器2内部における伝搬遅延が増大し、光伝送システムにおける遅延の増大を招く。

【0013】本発明は、光増幅によるS/N劣化および分散補償ファイバ内部での非線形光学効果の発生を最小限に抑え、受信器の内部に長尺のファイバを持ち込むことなく、分散補償ファイバによる損失を補償する光伝送システムを提供することを目的とする。

#### 【0014】

【課題を解決するための手段】本発明の光伝送システムは、光伝送路の一部を分散補償ファイバで構成し、かつ光伝送路の少なくとも一部が分布利得をもつように設計する。ただし、光伝送路全体が利得を有する場合以外は、非線形光学効果の発生を抑えるために、分散補償ファイバは送信器の直後には設置しない。分布利得を得るための励起光は、送信器、受信器、中継器の少なくとも1つから光伝送路に送出する。

【0015】このような構成により、光伝送路の一部または全体が無損失となり、伝送区間の損失は図6、図7および図8に示した従来構成に比較して小さくなるので、分散補償ファイバへの入力パワーを低く抑えても光検出回路への入力パワーを十分に確保することができる。すなわち、分散補償ファイバで分散補償し、かつ非線形光学効果の発生を抑えながら、その損失を補償することができる。また、分散補償ファイバが光伝送路の一部を構成するので、受信器の内部に長尺の分散補償ファイバを持ち込む必要がない。

#### 【0016】

【発明の実施の形態】(基本構成)図1は、本発明の光伝送システムの基本構成を示す。

【0017】図において、送信器1と受信器2は、光伝送路を構成するファイバ3と分散補償分布利得ファイバ4を介して接続される。ただし、ファイバ3は送信器側に配置し、分散補償分布利得ファイバ4は受信器側に配置する。分散補償分布利得ファイバ4は、分布利得を有し、光ファイバ3の群速度分散を補償する機能を備えた光ファイバである。

【0018】送信器1は、信号光を送信する光送信回路

11、分散補償分布利得ファイバ4を前方励起する励起光を出力する励起光源12、励起光と信号光を合波して光伝送路に送出する励起光合波器13を備える。受信器2は、信号光を受信する光検出回路23、分散補償分布利得ファイバ4を後方励起する励起光を出力する励起光源24、励起光を信号光と逆方向に光伝送路に送出する励起光合波器25を備える。

【0019】このような構成により、分散補償分布利得ファイバ4の前方および後方から励起光が入力され、光ファイバ3および分散補償分布利得ファイバ4を伝送される信号光は分散補償されるとともに増幅されて受信器2に到達する。なお、励起は必ずしも両方向から行う必要はなく、片方を省略することも可能である。また、光ファイバ3に分布利得を持たせてもよい。この場合には、送信器1から出力される励起光は、主に光ファイバ3の励起に用いられる。

【0020】また、本構成において、送信器1および受信器2を光伝送路に挿入される中継器、光ファイバ3と分散補償分布利得ファイバ4を1つの伝送区間と見なし、各伝送区間ごとに、分散補償と損失補償を同時に行う構成としてもよい。

【0021】(第1の実施形態)図2は、本発明の光伝送システムの第1の実施形態を示す。ここでは、分散補償分布利得ファイバに対して、受信器側から励起光を入力する構成例を示し、送信器の構成は省略する。以下、図1の基本構成と対応させながら、各部の具体的な構成例について説明する。

【0022】光ファイバ3および分散補償分布利得ファイバ4には、シリカを基材とするシングルモードファイバ31および分散補償ファイバ41を用いる。分散補償ファイバ41は、シングルモードファイバ31と比較して、分散値と分散スロープの符号が逆であり、光伝送路全体としては1.5μm近傍で分散値および分散スロープが0になるよう設計される。

【0023】送信器(図外)から出力された波長1.5μmの信号光は、アイソレータ5を介してシングルモードファイバ31に入力される。シングルモードファイバ31から出力された信号光は分散補償ファイバ41に入力される。

【0024】励起光源24は、分散補償ファイバ41のラマン利得の偏波依存性をなくするために、偏波多量して出力する構成とする。ここでは、第1の半導体レーザ(LD1)241と第2の半導体レーザ(LD2)242から出力されるレーザ光を偏波多量してLD22から偏波多量して出力する。励起光合波器25にはWDMカプラ251を用いる。偏波多量された励起光はWDMカプラ251を介して、信号光とは逆方向に分散補償ファイバ41へ入力する。WDMカプラ251の代わりに光サーキュレータを用いてもよい。

【0025】励起光と信号光のキャリア周波数の差は、

シリカのラマンシフト(約 9.5THz)に等しく設定する。信号光は分散補償ファイバ41でラマン増幅されて受信器2に入力され、WDMカップラ251と光バンドパスフィルタ(BPF)26を介して光検出回路23で受信される。励起光強度に余裕がある場合には、シングルモードファイバ31内でもラマン増幅を行ってもよい。

【0026】光バンドパスフィルタ26は、分散補償ファイバ41内で自然放出したストークス光を遮断するために用いられる。アイソレータ5は、主に励起光が送信器に混入するのを防ぐために設置される。

【0027】(第2の実施形態)図3は、本発明の光伝送システムの第2の実施形態を示す。ここでは、分散補償分布利得ファイバ1に対して、受信器側から励起光を入力する構成例を示し、送信器の構成は省略する。

【0028】本実施形態の特徴は、第1の実施形態のアイソレータ5に代えて、シングルモードファイバ31と分散補償ファイバ41との間に、信号光波長を透過し、励起光波長を反射する光フィルタ6を配置するところにある。その他の構成は、第1の実施形態と同様である。光フィルタ6に到達した励起光は、そこで反射され、再度分散補償ファイバ41へ入力される。これにより、効率のよい励起が可能になる。さらに、光フィルタ6の励起光の反射率または信号光の透過率に波長依存性をもたせることにより、ラマン利得の波長依存性を補償することも可能である。

【0029】(第3の実施形態)図4は、本発明の光伝送システムの第3の実施形態を示す。ここでは、分散補償分布利得ファイバ1に対して、送信器側から励起光を入力する構成例を示し、送信器の構成は省略する。

【0030】本実施形態の特徴は、第1の実施形態の分散補償ファイバ41に代えて、コア内にエルビウムイオンを添加したエルビウム添加分散補償ファイバ42を用いるところにある。エルビウム添加分散補償ファイバ42は、シングルモードファイバ31と比較して、分散値および分散スロープの符号が逆であり、伝送路全体としては1.5 $\mu$ m近傍で分散値および分散スロープが0になるよう設計される。

【0031】励起光源24から出力された励起光はWDMカップラ251を介して、信号光とは逆方向にエルビウム添加分散補償ファイバ42へ入力される。エルビウムイオンによる光増幅効果には偏波依存性がないので、励起光源における偏波多重回路は必ずしも必要ではない。励起光の波長は1480nmまたは980nm近傍とする。WDMカップラ251の代わりに光サーキュレータを用いてもよい。

【0032】信号光は、エルビウム添加分散補償ファイバ42で増幅されて受信器2に入力され、WDMカップラ251と光バンドパスフィルタ26を介して光検出回路23で受信される。光バンドパスフィルタ26は、エ

ルビウム添加分散補償ファイバ42内で発生した増幅自然放出光(ASE)を遮断するために用いられる。

【0033】(第4の実施形態)図5は、本発明の光伝送システムの第4の実施形態を示す。本実施形態の特徴は、光伝送路を複数nの伝送区間に分割し、各伝送区間ごとに、シングルモードファイバ31と分散補償ファイバ41を励起する励起光源を配置することにある。伝送区間1~nの構成は全く同じであり、各伝送区間においてネットゲインは0dBでなければならない。

【0034】本実施形態では、励起光源として、2つの半導体レーザ71、72から出力されるレーザ光を偏波多重回路73で偏波多重して出力する構成を備える。さらに、シングルモードファイバ31を前方励起する励起光源として、半導体レーザ71-1、72-1および偏波多重回路73-1を備え、分散補償ファイバ41を後方励起する励起光源として、半導体レーザ71-2、72-2および偏波多重回路73-2を備える。

【0035】送信局(図外)から出力された波長1.5 $\mu$ mの信号光は、アイソレータ5を介して、伝送区間1のシングルモードファイバ31に入力される。このシングルモードファイバ31を前方励起する励起光は偏波多重され、WDMカップラ74を介して信号光と同方向にシングルモードファイバ31に入力される。シングルモードファイバ31から出力された信号光は分散補償ファイバ41に入力される。分散補償ファイバ41を後方励起する励起光は偏波多重され、デュプレクサ75を介して信号光と逆方向に分散補償ファイバ41に入力される。なお、デュプレクサの代わりに光サーキュレータを用いてもよい。また、前方励起と後方励起の両方が必ずしも必要ではなく、片方を省略してもよい。

【0036】励起光と信号光のキャリア周波数の差は、シリカのラマンシフト(約 9.5THz)に等しく設定する。信号光はシングルモードファイバ31および分散補償ファイバ41でラマン増幅され、デュプレクサ75を介して伝送区間2に送出される。以下、各伝送区間では、同様の構成により信号光に対する分散補償と、その損失を補償するラマン増幅が行われる。

【0037】伝送区間nから出力された信号光は、受信器2の光バンドパスフィルタ26を介して光検出回路23に入力される。光バンドパスフィルタ26は、シングルモードファイバ31および分散補償ファイバ41内で自然放出したストークス光を遮断するために用いる。伝送区間1で発生する後方散乱光および後方励起光は、アイソレータ5によって遮断される。伝送区間2~nで発生する後方散乱光は、各伝送区間のデュプレクサ75を介して終端器76で終端され、他の伝送区間へ逆送することはない。

【0038】本実施形態において、各伝送区間に第3の実施形態で示したようにエルビウム添加分散補償ファイバ42を用い、偏波多重しない励起光を入力するように

してもよい。

【0039】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光伝送システムは、光伝送路を伝送用光導波路と分散補償光導波路で構成し、その一部または全部に分布利得をもたせることにより、信号品質の劣化を最小限に抑えながら、分散補償光導波路による信号光の損失を補償することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光伝送システムの基本構成を示すブロック図。

【図2】本発明の光伝送システムの第1の実施形態を示すブロック図。

【図3】本発明の光伝送システムの第2の実施形態を示すブロック図。

【図4】本発明の光伝送システムの第3の実施形態を示すブロック図。

【図5】本発明の光伝送システムの第4の実施形態を示すブロック図。

【図6】従来の光伝送システムの構成例を示すブロック図。

【図7】従来の光伝送システムの構成例を示すブロック図。

【図8】従来の光伝送システムの構成例を示すブロック図。

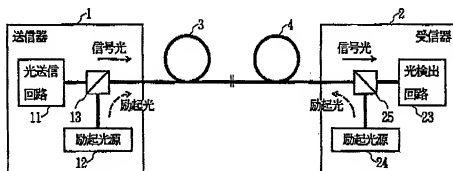
図。

【符号の説明】

- 1 送信器
- 2 受信器
- 3 光ファイバ
- 4 分散補償分布利得ファイバ
- 5 アイソレータ
- 6 光フィルタ
- 11 光送信回路
- 12 励起光源
- 13 励起光合波器
- 23 光検出回路
- 24 励起光源
- 25 励起光合波器
- 26 光バンドパスフィルタ (BPF)
- 31 シングルモードファイバ
- 41 分散補償ファイバ
- 42 エルビウム添加分散補償ファイバ
- 71, 72, 241, 242 半導体レーザー
- 73, 243 偏波多重回路
- 74, 251 WDMカプラ
- 75 デュプレクサ
- 76 終端器

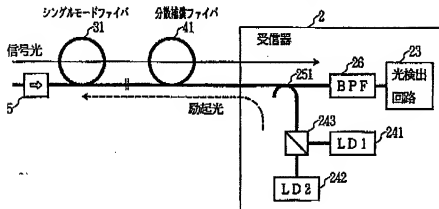
【図1】

本発明の光伝送システムの基本構成



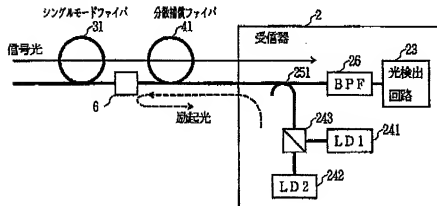
【図2】

## 本発明の光伝送システムの第1の実施形態



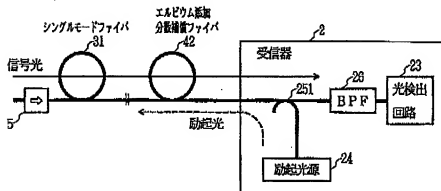
【図3】

## 本発明の光伝送システムの第2の実施形態



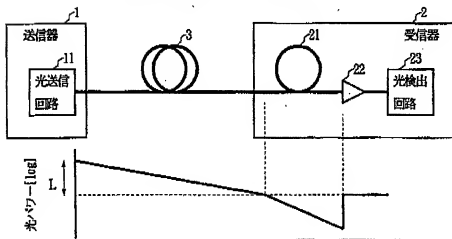
【図4】

本発明の光伝送システムの第3の実施形態



【図6】

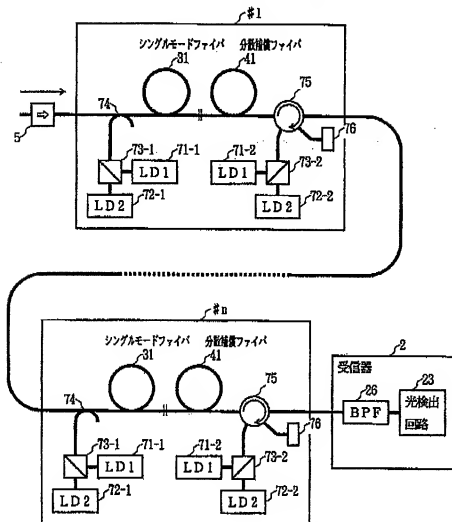
従来の光伝送システムの構成例





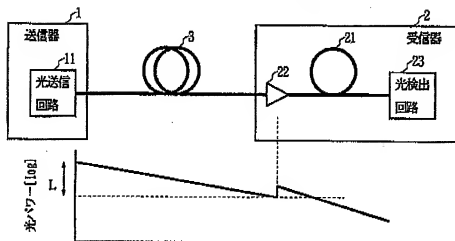
【図5】

本発明の光伝送システムの第4の実施形態



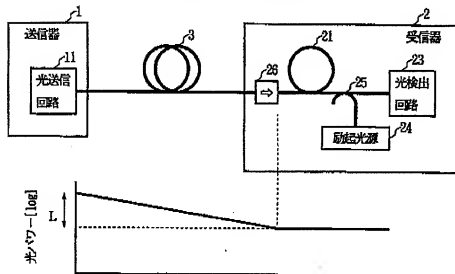
【図7】

## 従来の光伝送システムの構成例



【図8】

## 従来の光伝送システムの構成例



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

H04B 10/17

10/16

識別記号

F I

7-コード' (参考)

Fターム(参考) 2H038 AA22 AA24 AA33 BA10  
5F072 AB09 AK06 RR01 SS06 YY17  
5K002 AA01 AA03 AA06 BA02 BA33  
CA01 CA02 CA13 DA42 FA01